

流砂层中采掘工程



煤炭工业出版社

25-2-2.

流砂層中采掘工程

捷克斯洛伐克 B.高烏斯科著

俄文翻譯 M.A.克列斯諾夫工程師

郝乃鏞譯

煤炭工业出版社

0179355

內 容 提 要

本書綜合了在流砂層中掘進井巷的經驗。

書中主要內容是：流砂層的物理性質；含水層中利用打井、沉井、注漿、凍結、壓縮空氣以及浩尼格曼法開掘井筒的實際方法；在流砂層中掘進水平的和傾斜的準備巷道的實際經驗；應用電滲和電化學加固流砂層的新方法。

此外，本書還研究了當煤层頂板有流砂層時進行回采的條件及安全措施，並敘述了礦田疏干的方法，防止流砂湧決的密閉的結構與計算。

本書可供煤炭工業的基建和生產方面的工程技術人員參考。

В.Груска

ГОРНЫЕ РАБОТЫ В ПЛЯВУНАХ

Углетехиздат Москва 1953

根據蘇聯國立煤炭技術書籍出版社1953年譯

1315

流砂層中采掘工程

俄文翻譯 М.А.克列斯諾夫工程師

郝乃鏡譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第034號

煤炭工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

開本787×1092公厘¹/₃₂ 印張3¹/₂ 字數73,000

1950年12月北京第1版 1950年12月北京第1次印刷

統一書號：15035·9/3 印數：0,001—3,000冊 定價：0.51元

俄文版序言

捷克工程师夫拉基米里·高烏斯科的著作是描述在复杂的地質条件下矿井巷道掘凿工程的。

在書中論述了流沙层的特性，埋藏条件及其对矿井巷道掘进与流沙层疏干工程的影响。描述了井筒掘凿的各种特殊方法，各种方法的优缺点及其采用范围。

研究了由于流沙层特性，埋藏条件以及巷道状况与作用等不同而可能采用的流沙层各种疏干方法。

本書的最后几章研究在各种水文地質条件下掘进水平巷道与进行回采工作的方法。

書中引証了許多外国在复杂的水文地質条件下掘凿巷道的实际資料，以及流沙冲入巷道与流沙潰决事故的后果及恢复工作方法等实例。

不能不指出矿井巷道掘进的某些特殊方法描述得过于简单，从而降低了書的价值。

本書作者的某些看法与苏联一些专家的意见不一致。然而这些看法对研究在复杂的水文地質条件下掘进矿山巷道及研究疏干工程方法的各种不同观点是有益的。

高烏斯科工程师的這本書可以使苏联的专家们了解捷克斯洛伐克共和国在复杂的水文地質条件下矿山巷道的掘凿技术状况；讀者可以在本書中找到在外国所采用的于流沙层中掘凿矿井巷道的方法及疏干流沙层的方法。这些方法在苏联沒有完全采用，或者沒有广泛采用。

在翻譯过程中尽可能的使用苏联通用的术语，然而在个别地方也保留了本書作者所用的术语。

工程师 B.A. 弗鳩金

作者前言

在我們社会主义經濟中，工业生产的增長要求大力發展煤炭的開采。因此由于地質条件复杂，在从前未曾開拓过的煤矿矿区現在都有必要開發。这种矿区基本上都是煤层埋藏在充水的流动沙层——流沙层中。

最近几十年来获得特別迅速發展的采矿科学在研究与流沙层作斗争的方法方面取得了很多的成績。水文学的知識在这个斗争中是很重要的。因此，作者認為有必要在本書中向讀者介紹一些这种科学的基本知識。若不了解这些知識，对流沙层作斗争的許多問題将不会研究清楚。

本書的任务是：以扼要的形式尽可能全面地論述流沙层的特征，以及論述在流沙层中进行采掘工程的各种方法。由于篇幅所限，本書不可能探討与該研究項目有关的全部問題。理論部分曾特別刪減了一些。因为本書主要是供作实际工作的人員用的。本書的目的是——将迄今为止所取得的实际經驗与理論知識传授給正在或将要于流沙层条件下工作的人，以便避免許多年以前采矿工作者曾經常面临的困难。

本書可供采矿工程师与技术員在实际工作中参考。

目 录

俄文版序言	1
作者前言	2
第一章 流沙概論	5
1. 历史概述	5
2. 流沙的特性	7
第二章 在流沙层中开凿矿井井筒	13
1. 概况	13
2. 用打桩法开凿矿井井筒	15
3. 用下沉井壁法掘进井筒	16
4. 用压缩空气掘进井筒 (沉箱法)	23
5. 在疏干的流沙层中掘进井筒	27
6. 用浩尼格曼法掘进井筒	30
7. 用冻结法掘进井筒	39
8. 用注浆法掘进井筒	50
9. 加固流沙层的新方法	54
10. 各种在流沙层中掘进井筒方法的簡評	57
第三章 流沙层的疏干	60
1. 概况	60
2. 疏干的理論	69
3. 进行疏干工作	78
4. 在用露天采煤时的疏干工作	92
第四章 在流沙层中掘进准备巷道	97
1. 概論	97

2. 沿厚度小于3米以下的煤层掘进巷道·····	99
3. 斜井井筒掘进·····	101
第五章 在流沙层下进行回采工作·····	102
1. 在已疏干的流沙层下进行回采工作·····	103
2. 在未疏干的流沙层下进行回采工作·····	104
3. 回采工作中的安全措施·····	106
4. 回采工作对地表的影响·····	108
5. 流沙与水从旧巷道中冲出·····	108
第六章 防止流沙溃决的保护密闭·····	110
1. 保护密闭概况·····	110
2. 过滤式密闭·····	111
3. 不透水密闭·····	112
4. 密闭的结构与计算·····	114

第一章 流沙概論

1. 历史概述

北捷克矿区第一次发现流沙是1874年，在“弗罗列金娜”矿。当时流沙淹没了許多巷道，最后将矿井封閉了。一直过了20年在查清楚了流沙的埋藏条件及特性之后，才将矿井恢复起来。

1875年在莫斯特城附近的“尤利烏斯一号”矿曾发生过流沙潰决事故，将这个新矿井淹沒。1890年在莫斯特城附近的索烏斯地方，流沙冲进了“安娜”矿的巷道中，因此曾牺牲过33名矿工。1892年流沙淹没了比利娜城附近的“爱米兰”矿井。1894年在杜赫魯夫城附近的“科利斯金娜”矿也发生过流沙潰决事件。

1895年6月19日在“安娜”矿又发生了一次后果惨重的流沙潰决事件。在放頂时，一薄层流沙冲进了工作面，很快就淹没了矿井的全部巷道。井下流沙潰决引起了莫斯特城車站附近地表陷落，該車站距潰决地点大約800米。由于流沙潰决的結果，在車站区内共坍塌了40所建筑物，被破坏的建筑物有35所。

虽然那时对在流沙层中开采煤炭曾采取了一些保安措施，但以后于莫斯特，索柯洛夫和奧斯特拉夫等矿区的一些矿井中还是发生过許多次流沙潰决事故。当时在一些事故中牺牲了許多人，但在地表未发生很大的破坏。

流沙——是矿业中的木器，用来标志流動的沙子的。

流動的沙子就是充滿了水的粒度不大於0.1毫米的砂石、長石、輝石和其他岩石的小顆粒。在掘鑿矿井巷道時，若遇到流沙，流沙就會沖出來並淹滿開鑿的空間，而且經常能波及到很大的距離。在沙子中經常含有粘土，只在很少的情況下才是純沙子。流沙中含的粘土與水愈多，其顆粒粒度愈小及其中水的壓力愈大，那麼這種流沙就愈危險。

如果水流具有足夠的速度，則漂石與碎石亦可能被沖入矿井內。可以舉出拉別列城一個工廠醫院坍塌為例。拉別列城位於意大利國境的塔爾維吉歐城附近。在1910年曾發生過含水碎石沖入在40米深處開鑿的巷道內的事故。甘克里——頓聶爾斯瑪卡鉛鋅矿管理處是向着自湖泊發源的一條小河開鑿這條巷道的，目的是保證其選矿廠的水源。在構造斷層的影響下，這條河的河床有一處下陷；下陷部分深度達80米，都充滿了沙子與碎石。掘進時沒有採取任何保安措施；未打探鑽，沒有保護門，而且同時爆破的炮數超過四個。在同時放了十四個炮之後，巷道接近了舊河床。充滿了水的碎石與沙子以極大的速度沖進了矿井，這時工廠醫院的一所平房在幾分鐘之內就從地表上消失了。後來在離地表300米深處的石門中距潰決地點大約200米處發現了直徑約20厘米的大漂石。

“流沙”這個術語也經常用來標志含水的粘土與其它岩石的含水層，因為在掘鑿巷道時，這類岩層同樣危險。但不能將流沙與水混淆。水固然也能威脅矿井內的工作，水的潰決也經常能淹沒並使矿井停止工作，特別是在以前只能用能力小的簡陋的水泵排水的時候。流沙——是一種

含水达15~45%的岩石。如果含水量少于15%时，沙子或粘土就不会流动，因此就不能称作流沙。在流沙中含水量也不会超过45%，这一点在下面就会谈到，因为水只能存在于流沙颗粒之间的空间内。

流沙经常会形成一条夹层，位于煤层顶板或底板内。此外，在克斯特岩层空隙间的水也可能会沿裂缝流入矿井中。水的溃决不会引起地表面下陷，最低限度不会象流沙溃决所引起的那样巨大和突然。流沙的疏干工作是一个重要的措施，其结果就是将流沙内的水排干。在疏干之后，流动沙子就会成为潮湿的或干燥的。

在我国与外国的许多产煤区都经常会遇到流沙。我国较大的流沙层位于莫斯特城，杜赫曹夫城与比利娜城之间，面积占80平方公里以上。在这些地区，与沙质——粘板页岩夹层交错在一起的流沙层厚达60米。在索柯洛夫与奥斯特拉夫煤田及南莫拉夫斯基与斯拉伐克地方褐煤煤矿一带也常遇到流沙。

在苏联，于莫斯科近郊煤田及顿巴斯煤田经常发现流沙。在德国（于亚琛城附近），波兰（西列兹矿区），法国，英国与荷兰都有很厚的流沙层。最厚的流沙层在比利时。

在各矿区，甚至在同一矿区的各矿井所发现的流沙的特性都不会相同。

2. 流沙的特性

在土壤中有垂直的毛细管缝隙，水沿着这些毛细管缝隙升到地下水位之上。这些毛细管缝隙愈细，水升的就愈

高。在流沙中除結合水外，在沙粒間的毛細管縫隙中還有毛細管水，因此沙粒就成為移動的了。

在文獻中給流沙下了各種各樣的定義。在這些定義中，把“流沙”的概念主要的局限於下列各特性中：含水量、岩石顆粒的大小與成分。地質學家、水文地質學家與建築學家對流沙的看法也不相同。但這些人主要是對土壤的承重能力感到興趣。例如某些水文地質學家把除含有結合水外還含有毛細管水的松散岩層當作流沙層。這種毛細管水甚至在作出專門的排水巷道後也不可能將其疏干。毛細管水包圍着沙粒，減少了沙粒間的摩擦，從而沙子輕微移動。毛細管水只能用蒸發的方法排除。

對礦業工作者來說“流沙”的這個定義與其它許多定義一樣，沒有多大的意義。在礦區與構造斷層上，當流沙突然潰決時，不可能確定流沙的毛細現象。此外，毛細管水雖然也能使流沙稍微移動，但不能使流沙發生危險的潰決。疏干後的流沙主要是含有毛細管水，這種流沙並不危險。這種流沙呈現潮濕狀態。大顆粒沙與碎石層沒有毛細現象，或者有不大的毛細現象。即使這種大粒沙與碎石層沖入巷道內，也不能被認為是流沙。如果在礦業專業中保持這樣多的不同定義，則可能導致不正確的結論。

如果有處於壓力下的一定量的水，那麼這就是有流沙的主要特征。上述壓力是水或瓦斯的靜水壓；由於瓦斯所造成的水壓現象在奧斯特拉夫岩屑地帶^①曾發現過，在那

^① 含水的碎石與破碎的泥灰岩位於石炭礦系的傾斜上，而上面有泥灰岩的不透水覆蓋層（原註）。

里沼气与二氧化碳瓦斯能造成30~80大气压的压力。

在莫斯特煤田，流沙为大颗粒时，则含水量为34~38%；流沙为小颗粒时，则含水量为38~42%。在这些水量中有15~18%是结合水与毛细管水，其余的17~21%为能引起决溃的活性水，如果需将流沙疏干，则应使流沙脱离这种活性水。

在莫斯特矿区的“尤利乌斯”矿于1875年在掘进一条巷道时，曾发生了流沙溃决事故并淹没了全矿井。该矿井曾被放弃。在发生了一次后果悲惨的流沙溃决事故后，在1895年，已将该井田划入禁止开凿井巷的区域。

直至1929年，又于该地区开了一个露天煤矿。在开发时发现了一个很厚的沙层；该沙层已完全干燥并形成一些垂直的柱状。在50年的岁月中，水已从流沙中流入相邻矿井的巷道中，结果该沙层变干，而失掉流沙的危险性。如果水再流入沙层中时，则其体积也不会增大。在相反的情况下也是这样，如果水从沙层中流出时，沙层的体积也不会缩小（如果这时一部分沙子不随水跑掉）。

在沙层中一立方米自然潮湿沙子的重量为1773公斤，能形成1.151立方米的干沙子。松散率为15.1%。

一立方米块状沙子（燧石）重2599公斤。

沙层中的一立方米干沙子重1710公斤。沙层中沙子实体重量差为889公斤，亦即：

$$\frac{889}{2599} = 0.342 \text{ 或占体积的 } 34.2\%.$$

这个数值就说明了沙子的松散度，说明一立方米沙子

中可以容納 342 公升水，而体积不会增大。上述数值只适合于具有一定大小粒度的—定类型的流沙。当流沙的成分改变时，其顆粒的比重亦随之改变，从而，其它指标也随着改变。

可以用一个简单的方法确定沙子的松散度。在一个容积为一立方米的箱內装满干沙子，然后在箱內装入相同数量的水，使水位高于沙面。用測量方法确定一立方米干沙的吸水量及由于下沉，箱內沙体积的縮小量。沙体积縮小是很自然的，因为任何种岩石的顆粒在水的作用下都比在干燥状态时密实。例如，顆粒为 0 到 10 毫米的煤粉，若洒上水，在很长时间内不会发生自燃，否則，則很快就会自然发火。

福留盖用取岩石試样的方法在自然含水岩层中发现了自由空間。他是用一个专门設計的器械打了一个鑽眼取出試样的，这种器械不会破坏沙层的原来結構。根据福留盖的資料，沙层中自由空間如下(百分比)：

沙与碎石混合物	
比例为 1:1	23.1—28.9
純沙	33.6—40.8
碎石	38.4—40.1
粘土	36.2—42.3

由于含水量取决于沙顆粒之間的自由空間的大小，故为了确定流沙的情况，只了解顆粒的大小或者只确定含水量是不够的。

沙层埋藏愈深，則其受压愈大，因此其比重也就愈

大，而松散度小。这說明埋藏于深处的流沙层的含水量少，但水的压力高，而当溃决时水流的速度会很大。

当打预测孔时，鑽孔通入流沙层里，水流的速度越快，則經孔眼流出的水和携带的沙子数量越大、流速越急。

水流的速度决定于水柱的静水压。

能将岩石顆粒带出的水流速度由于顆粒的大小不同而各异。下列資料是各种岩石顆粒若被水流带出时所需的水流速度(米/秒)。

軟泥	0.076
細沙	0.152
粗沙	0.213
大碎石	0.305
碎石(平均直径25毫米)	0.686
圓石	1.219

在北捷克褐煤矿区，流沙层大部分是零散的扁平形与柱状，很少有水平的。流沙层經常与沙岩或純粘土夹层交错在一起，而且有时各岩层相互穿插(图1)。极細的沙粒就是在干燥状态时也是移动的。在很深处，流沙就变成了沙岩层(有时其中帶有菱鉄矿杂质)。

未被疏干的莫斯特流沙层的水压很大。因此，当发生溃决时，流沙会以巨大的力量冲入巷道并能淹沒好几百米远的地方。例如在掘进“魯德那烏”矿井筒时，流沙从炮眼中冲出，当时的流量曾达4立方米/分。

1886年，在奥塞克城区域内打鑽鑽到176米深时，发现了具有很大压力的流沙层。当时流沙从鑽孔中冲出将鑽杆抛出，流量达2立方米/分。

由于流沙埋藏得零亂与不規整，經常会形成好几个水位，而且这些水位由于水文条件不同，其水压也各不相同。在这种情况下，条件是很复杂的。在鑽进时，如果下面沙层的水压很大的話，有时干沙层会被来自下面沙层的水所充滿。在下面有关流沙层疏干方法的章节中还会詳細談到这个問題。

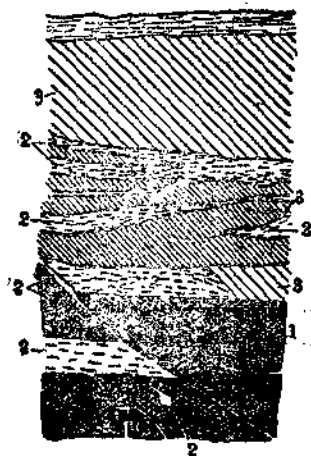


图 1 流沙与粘土夹层交错及流沙侵入煤层裂缝中情况

1—煤； 2—流沙； 3—粘土层。

在流沙中的粘土含量是一个重要的因素。粘土在自然岩层中的含水量为 85~40%，在这样多含水量的情况下，粘土层是不透水的。因为流沙的含水量很少有超过 45% 的，所以在流沙层中的粘土就成为不透水的夹层，从而就增加了疏干流沙工作的困难。

在煤层的頂板与底板中經常会发现流沙。在大的构造断层区域經常会有流沙渗入現象。如果不預先疏干，則这种流沙經常会冲入矿井。

在那柯洛夫矿区有一种粘土質的流沙，当开采下层煤时，这种流沙就会冲入巷道內。据估計这种粘土是来自上层煤的頂板，当冒頂时，落于已采区，在那里被溶解。

在南莫拉夫褐煤矿区的流沙层比較規整，也沒有象別的煤田那样大的水压。与煤层頂板比，流沙的厚度不大，

因此，不需要进行疏干。但位于底板的流沙就給我們造成很大的困难，因为这种流沙使巷道与回采工作面的底板承受压力，結果使底板破裂、膨涨，从而使底板突起。在这种情况下，这种流沙就必须疏干。

在斯洛伐克某些褐煤矿井中，流沙层直接位于煤层的頂底板，但沙顆粒大，因此容易疏干。

在奥斯特拉夫矿区有岩屑层。在某些情况下在該区内是用冻结法开凿井筒的（深度不大）。1929年在該矿区共开凿了18个井筒。部分掘进工程是在流沙层内进行的，井壁用丘宾鋼管。在开凿札布列格城“別得尔日赫”矿的两个井筒时，曾发生过严重的岩屑与二氧化碳潰决事故。从这两个井筒中共排出了3,800,000立方米水。这两个井筒的以后开凿工程是用金德与邵德隆的鑽井法进行的，井壁用丘宾鋼管。然而由于岩屑大量流出，破坏了岩层的平衡，故对井壁形成了巨大的压力，最后将井壁压碎。以后又多次企图恢复这项工程，总共延續了八年，花費了巨大的投資，仍未成功，所以不得不被迫放弃。

第二章 在流沙层中开凿矿井井筒

1. 概 况

开凿矿井井筒是最困难，最繁重的矿业工程之一，在流沙层中开凿井筒就更困难。在流沙层中开凿井筒时需要用特殊的方法，而这些特殊方法都会使矿井建設成本增高，并且使工期延长。在矿井的实际經驗中有許多这种情

况：由于流沙的破坏作用，不得不将已掘到很深的井筒放弃。

在开凿比利内城附近的“鲁德那乌”矿井井筒时于42米深处打炮眼时发现了流沙。流沙从炮眼中冲出来淹没了井筒工作面。过了些时候，排干了水，将工作面的沙子清除掉之后，又恢复了工作，这时工作进行的比较小心。又掘进了几米之后，流沙又淹没了工作面，这次沙子在工作面内堆积的很高。在这个时期，在距主井井筒很远的地方，在莫斯特城方向开始开凿副井井筒。在正式开凿井筒之前，曾打了几个勘探钻孔，在距地表70米处发现了流沙层。流沙层总共0.2米厚。在勘探工作结束后，就开始掘进井筒。在64米深处发生了流沙溃决，并淹没了井筒，水深41米，沙深9米。

以后又作了些勘探工作，确定了掘进副井的莫斯特城区的流沙与掘进“鲁德那乌”矿主井的比利娜城区的流沙是有联系的。

北捷克褐煤矿区某矿井井筒的掘进情况是一个很有趣的经验。这个井筒是在1927年开始掘进的。在1921年于准备同时掘进三个井筒的地方打过一些钻孔。1922年又打了一些钻孔，但离上述钻孔有4米远。然而1922年所得出的勘探资料与第一次勘探的不同。在1921年根本未发现沙层或干沙的地点，经过了一年发现了流沙。

某些专家解释这种现象说，这是因为1922年比1921年的降水量大些。

在某些钻孔中只发现了一个静水水位，但在附近的钻